



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **08125635 A**(43) Date of publication of application: **17 . 05 . 96**

(51) Int. Cl.

**H04J 14/00**  
**H04J 14/02**  
**H04B 10/02**  
**H04B 10/18**

(21) Application number: **06253561**(22) Date of filing: **19 . 10 . 94**(71) Applicant: **SUMITOMO ELECTRIC IND LTD**(72) Inventor: **GO HISAO**(54) **WAVELENGTH MULTIPLEX OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM**

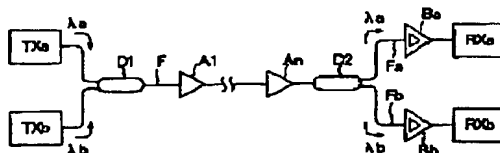
the receivers RXa, RXb.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO

(57) Abstract:

**PURPOSE:** To obtain the wavelength multiplex optical transmission system with high transmission quality by adjusting a gain with a pre-stage optical amplifier provided to an input side of an optical receiver.

**CONSTITUTION:** A wavelength multiplex optical signal comprising the synthesized signal of two signal lights whose wavelengths are different as  $\lambda_a$ ,  $\lambda_b$  by a synthesizer D1 is sent through an optical fiber transmission line F to which optical amplifiers A1-An are provided. Pre-stage optical amplifiers Ba, Bb and receivers RXa, RXb are cascade-connected via an optical demultiplexer D2 at the end of the optical fiber transmission line F. The optical demultiplexer D2 demultiplexes the wavelength multiplex signal by a demultiplex ratio of 1:1 and each demultiplexed signal is distributed by filters with prescribed pass bands, then the signal light whose wavelength is  $\lambda_a$  is given to the pre-stage optical amplifier Ba and the signal light whose wavelength is  $\lambda_b$  is given to the pre-stage optical amplifier Bb. Then the gain of the pre-stage optical amplifiers Ba, Bb is individually adjusted to provide a signal light with an optimum optical level to



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-125635

(43) 公開日 平成8年(1996)5月17日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 4 J 14/00

14/02

H 0 4 B 10/02

H 0 4 B 9/ 00

E

M

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 5 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平6-253561

(22) 出願日 平成6年(1994)10月19日

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 郷 久雄

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電

気工業株式会社横浜製作所内

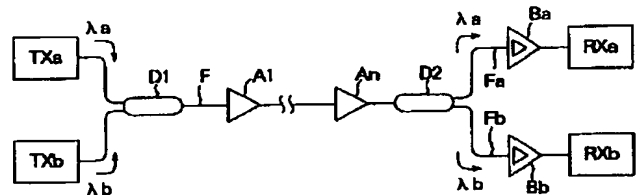
(74) 代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

#### (54) 【発明の名称】 波長多重光伝送システム

#### (57) 【要約】

【目的】 高い伝送品質を実現する波長多重光伝送システムを提供する。

【構成】 波長 $\lambda_a$ 、 $\lambda_b$ の異なる2信号光が合波器D1で合波されて成る波長多重光信号が、光増幅器A1～Anの設けられた光ファイバ伝送路Fを介して伝送される。光ファイバ伝送路Fの終端には、光分波器D2を介して前置光増幅器Ba、Bb及び受信機RXa、RXbがカスケード接続されている。光分波器D2は、1:1の分岐比で波長多重光信号を分岐した後、夫々を所定の通過帯域を有するフィルタによって分波することにより、波長 $\lambda_a$ の信号光を前置光増幅器Baへ、波長 $\lambda_b$ の信号光を前置光増幅器Bbへ出力する。そして、前置光増幅器Ba、Bbの利得を個々独立に調節することによって、最適な光レベルの信号光を受信機RXa、RXbへ供給することができる。



# 【特許請求の範囲】

【請求項1】 異なる波長の複数の信号光が合波されて成る波長多重光信号を光ファイバ伝送路で伝送する波長多重光伝送システムであって、  
前記光ファイバ伝送路の途中に設置され、前記波長多重光信号を光増幅する少なくとも1つの光増幅器と、  
前記光ファイバ伝送路で伝送された前記波長多重光信号を前記複数の波長の信号光に分波して各信号光を夫々異なる光ファイバへ出力する光分波器と、  
前記各光ファイバ毎に設置された前置光増幅器と、  
前記各前置光増幅器毎に縦続接続された複数の光受信機と、を具備することを特徴とする波長多重光伝送システム。

【請求項2】 前記光分波器には、前記各光受信機が受信すべき所定波長毎の信号光以外の波長の光に対して損失を与えるフィルタを有することにより、前記複数の波長の信号光に分波することを特徴とする請求項1に記載の波長多重光伝送システム。

## 【発明の詳細な説明】

### 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、波長の異なる複数の信号光を同一の光伝送路を介して伝送する波長多重光伝送システムに関する。

### 【0002】

【従来の技術】 従来の光伝送技術にあつては、光ファイバ伝送路における信号光の減衰を補償するために、伝送路の途中に約数10km間隔でOE/E増幅器を設け、各OE/E増幅器は、入力側の光ファイバ伝送路から伝送されてきた信号光を光電変換して電力増幅し、その電力増幅された電気信号を再び信号光に変換して出力側の光ファイバ伝送路へ出力するものであった。

【0003】 しかし、かかるOE/E増幅器にあつては、伝送される信号光の伝送レートに対応するクロック信号を生成する必要があるため、使用可能な伝送レートが限定される問題や、伝送容量の増大を図るために伝送速度を向上させるためには、既に設置されているOE/E増幅器を撤去して、新規な伝送規格に適合する新規なOE/E増幅器に取替えなければならない問題があった。このことは、伝送コストの低減化が困難となる一因となっていた。また、公衆通信回線の基幹伝送系にあつては、一般的に、622Mbpsや2.488Gbpsなどの伝送レートが適用されており、かかる高速伝送に対応し得る高周波電力増幅利得を有するOE/E増幅器自体の製造コストも極めて高くなるという問題もある。

【0004】 更に、光ファイバ伝送路の1本当たりの伝送容量の向上を図るために、波長の異なる複数の信号光を合波して成る光信号（以下、波長多重光信号という）を1本の光ファイバ伝送路によって多重伝送する波長多重光伝送方式を適用する場合には、各OE/E

増幅器内において各波長の信号光に分波した後、各波長の信号光を独立に光電変換して電力増幅し、再び各波長の信号光に変換してから合波して波長多重光信号として出力する必要がある。したがって、信号光に適用される波長の数が多くなるのに比例して、電力増幅等のための内部系統が増加し、OE/E増幅器の大型化や消費電力の増加や、将来の伝送容量の増加に対応することが困難となるなどの問題がある。

【0005】 近年、このような従来のOE/E増幅器を適用した伝送システムの問題点を解決するために、信号光を電気信号に変換することなく直接光増幅する光増幅器が開発されるに至った。この光増幅器を中継器に適用して光ファイバ伝送路の光減衰特性を補償することとすれば、その光増幅特性が伝送レートに依存しないことから、OE/E増幅器の如き内部系統の増加などを招来することがなく、伝送コストの増加の問題を解決することが可能である。更に、波長の異なる複数の信号光を一括して光増幅することができるので、波長多重光伝送方式を適用するのに好適であり、将来の伝送容量の増加に対応することができる。

### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、波長多重伝送方式を適用した伝送システムにおいて上記の光増幅器を用いる場合、光増幅器の増幅利得には波長依存性があるために、波長多重光信号を成す波長の異なる複数の信号光に対して均一な利得を設定することが困難であり、増幅後の信号光のレベルが波長毎に異なるという問題がある。かかる問題点を開示する文献として、

(1) 「M. N. Zervas, R. I. Laming, J. D. Minelly and D. N. Payne, in Optical Amplifiers and their Applications, vol. 14, pp. 96-99, 1993 OSA Technical Digest Series (Optical Society of America Washington DC, 1993)」、

(2) 「M. Suyama, T. Terahara, S. Kinoshita, T. Chikama and M. Takahashi, in Optical Amplifiers and their Applications, vol. 14, pp. 126-129, 1993 OSA Technical Digest Series (Optical Society of America Washington DC, 1993)」がある。

【0007】 図3及び図4に基づいて更にかかる問題点を詳述する。典型例として、図3に示すように、第1の送信機TXaから出力される波長 $\lambda_a$ の信号光と第2の送信機TXbから出力される波長 $\lambda_b$ の信号光とを合波器C1で合波することにより、相互に波長 $\lambda_a$ 、 $\lambda_b$ の異なる光から成る波長多重光信号を送信するものとし、光ファイバ伝送路に設けられた複数の中継器に内蔵されている光増幅器A1～Anで光増幅し、受信機側の光分岐器C2で各波長 $\lambda_a$ 、 $\lambda_b$ 毎の信号光に分岐して、特定の受信機RXa、RXbにて受信する波長多重光伝送システムについて考察する。更に、図4(a)に示すように、光増幅器A1の利得特性を代表して考察するも

のとし、入力する波長 $\lambda a$ の信号光成分の入力レベルがP1、入力する波長 $\lambda b$ の信号光成分の入力レベルがP2、出力する波長 $\lambda a$ の信号光成分の出力レベルがP3、出力する波長 $\lambda b$ の信号光成分の出力レベルがP4であるとする。

【0008】このように2波長 $\lambda a$ 、 $\lambda b$ の信号光から成る波長多重光信号を増幅すると、図4(b)に示すように、一方の波長 $\lambda b$ に対する利得は、その波長 $\lambda b$ の入力レベルP2のみならず、他方の波長 $\lambda a$ の入力レベルP1にも依存する。即ち、他方の波長 $\lambda a$ の入力レベルP1が、 $P1=P10$ の場合と、 $P1=P11$ の場合と、 $P1=P12$ の場合とでは、一方の波長 $\lambda b$ に対する利得が変動することとなる。

【0009】また、多段の光増幅器A1~Anが適用されることにより、夫々の光増幅器により発生する雑音成分が累積し、その雑音光の入力レベルやスペクトルによっても、利得変動を招来する。更にまた、光増幅器A1~An毎の各波長 $\lambda a$ 、 $\lambda b$ に対する利得特性が不均一である場合には、最終段の光増幅器Anから出力される信号光の波長 $\lambda a$ 、 $\lambda b$ 毎のレベル差が大きくなり、最悪の場合には、光受信機の最低受信レベルを割り込んで、通信不能の状態を招く。

【0010】尚、各光増幅器A1~Anに入力する各信号光の入力レベルが既知の場合には、それに応じて、夫々の光増幅器A1~Anの各波長に対する利得特性を均一化するように最適化設計をすることが考えられるが、実際の光ファイバ伝送路においては、各光増幅器A1~An間での伝送損失特性に大きなばらつきがあるので、かかる方法は非現実的であると言えることができる。

【0011】更に、光増幅器で増幅可能な波長帯域は限られており、例えば、現在最も研究が進んでいるEr添加光ファイバ増幅器にあっては、1530~1570nm程度の波長範囲に限られている。更に、複数のEr添加光ファイバ増幅器を適用する場合には、信号光の各波長に対する利得特性のばらつきを考慮すると、その使用可能な波長帯域は更に限定されることとなる。この結果、相互に極めて近接した波長の複数の信号光(例えば数nm間隔)による波長多重光伝送システムを構築しなければならず、受信機側で各波長の分離が極めて困難となる等の問題を招来する。このように、従来の光増幅器を適用した波長多重光伝送システムにあっても、解決されるべき課題がある。

【0012】本発明は、このような従来の技術の問題点に鑑みて成されたものであり、より高い伝送品質を実現することができる波長多重光伝送システムを提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】このような目的を達成するために、本発明は、異なる波長の複数の信号光が合波されて成る波長多重光信号を光ファイバ伝送路で伝送す

る波長多重光伝送システムであって、前記光ファイバ伝送路の途中に設置され、前記波長多重光信号を増幅する少なくとも1つの光増幅器と、前記光ファイバ伝送路で伝送された前記波長多重光信号を前記複数の波長の信号光に分波して各信号光を夫々異なる光ファイバへ出力する光分波器と、前記各光ファイバ毎に設置された前置光増幅器と、前記各前置光増幅器毎に縦続接続された複数の光受信機とを具備する構成とした。

【0014】

【作用】かかるシステム構成によると、光ファイバ伝送路で伝送され且つ伝送途中に光増幅された波長多重光信号は、光分波器によって、元の複数の波長の信号光に分波される。夫々の分波された信号光は夫々異なる光ファイバへ出力される。各光ファイバを通る信号光は前置増幅器で増幅されて夫々所定の光受信機に供給される。

【0015】よって、光ファイバ伝送路の減衰特性及びそれに設けられている光増幅器の利得が波長の異なる信号光毎に相違していても、光受信機の入力側に設けられる前置光増幅器によって利得調整を行うことにより、光受信機の動作に最適なレベル信号光を得ることができる。

【0016】

【実施例】以下、本発明による波長多重光伝送システムの一実施例を図面と共に説明する。尚、典型例として、相互に異なる波長 $\lambda a$ 、 $\lambda b$ の信号光から成る波長多重光信号を伝送する場合を代表して述べる。

【0017】図1において概略構成を述べる。第1の送信機TXaから出力される波長 $\lambda a$ の信号光と第2の送信機TXbから出力される波長 $\lambda b$ の信号光とが合波器D1で合波され、相互に波長 $\lambda a$ 、 $\lambda b$ の異なる信号光から成る波長多重光信号が光ファイバ伝送路Fによって伝送される。光ファイバ伝送路Fには適宜の距離において複数の中継器が設置され、夫々の中継器に内蔵されている光増幅器A1~Anによって波長多重光信号を増幅する。

【0018】光ファイバ伝送路Fの出力端に接続された光分波器D2は、伝送されてきた波長多重光信号を各波長 $\lambda a$ 、 $\lambda b$ 毎の信号光に分波し且つ、波長 $\lambda a$ の信号光と波長 $\lambda b$ の信号光とに分岐して、ファイバケーブルFa、Fbへ出力する。

【0019】ファイバケーブルFaには、波長 $\lambda a$ の信号光を増幅する前置光増幅器Baと受信機RXaがカスケード接続され、ファイバケーブルFaには、波長 $\lambda b$ の信号光を増幅する前置光増幅器Bbと受信機RXbがカスケード接続されている。

【0020】尚、光分波器D2は、例えば図2に示す構成となっている。即ち、2入力2出力の光分岐D3の一方の入力端が光ファイバ伝送路Fの出力端に接続し、他方の入力端は無反射終端素子によって終端されている。更に、この光分岐D3は分岐比が1:1に設定され、一

方の出力端は、波長 $\lambda_a$ の信号光のみを透過させるバンドパスフィルタBPF aを介して前置光増幅器B aの入力端に接続され、他方の出力端は、波長 $\lambda_b$ の信号光のみを透過させるバンドパスフィルタBPF bを介して前置光増幅器B bの入力端に接続される。

【0021】かかるシステム構成を有する波長多重光伝送システムにあつては、第1、第2の送信機TX a、TX bから出力された波長 $\lambda_a$ 、 $\lambda_b$ の信号光が合波器D 1によって合波されて成る波長多重光信号が、伝送路Fの途中に設けられている光増幅器A 1～A nによって光増幅され、伝送路Fの光減衰特性を補償する。

【0022】そして、光分波器D 2内の光分岐器D 3が1：1の分岐比で波長多重光信号を分岐し、同じレベルの波長多重光信号をバンドパスフィルタBPF a、BPF bへ供給する。ここで、光分岐器D 3は、伝送されてきた波長多重光信号を分岐するのみであるので、バンドパスフィルタBPF a、BPF bのいずれにも波長 $\lambda_a$ 、 $\lambda_b$ の信号光が入力される。そして、バンドパスフィルタBPF a、BPF bの夫々に設定された固有の透過波長帯域により、バンドパスフィルタBPF aから前置光増幅器B aへは波長 $\lambda_a$ の信号光が供給され、バンドパスフィルタBPF bから前置光増幅器B bへは波長 $\lambda_b$ の信号光が供給される。

【0023】前置光増幅器B a、B bは、夫々入力された信号光を光増幅して各受信機RX a、RX bへ供給する。尚、前置光増幅器B a、B bの利得は、夫々に対応する受信機RX a、RX bに対して最適レベルの信号光を供給するように設定される。即ち、バンドパスフィルタBPF a、BPF bに入力される波長多重光信号の各波長 $\lambda_a$ と $\lambda_b$ の各信号光のレベルは、伝送路Fや光増幅器A 1～A nの波長依存性に起因してばらつくが、バンドパスフィルタBPF a、BPF bから出力された各信号光は、夫々固有の波長 $\lambda_a$ 、 $\lambda_b$ に分波されるので、前置光増幅器B a、B bの利得を個々独立に設定して、各受信機RX a、RX bに最適な信号レベルに設定することが可能となっている。また、一般に光受信機RX a、RX bでは、許容できる光レベルの上限と下限があるが、前置光増幅器B a、B bによって個々独立に利得を設定することで最適レベルを容易に調整することができる。

【0024】また、分岐器D 3とバンドパスフィルタBPF a、BPF bから成る光分波器D 2では、約4 dB程度の伝送損失を生じるが、前置光増幅器B a、B bの各利得を調整することによって、かかる損失を容易に補償することができる。

【0025】光分岐器D 3には、2本のファイバの熔融延伸したいわゆる光ファイバカプラや、干渉膜フィルタ型のビームスプリッタを使用したタイプのものを適用することができる。また、バンドパスフィルタBPF a、BPF bには、特定の波長のみ透過させる特性の干渉膜

タイプのバンドパスフィルタ等を適用するもができる。

【0026】また、2波多重伝送に限るのであれば、「C. M. RAGDALE et al, "Narrowband Fiber Grating Filters" IEEE J. Communications, vol. 8, No. 6, pp1146-1150, August 1990」の文献に開示されているグレーティングファイバを適用することができる。即ち、分岐器D 3の各出力端に接続される光ファイバのコアにグレーティングを形成し、特定の波長域の光のみを反射させる特性をもたせる「グレーティングファイバ」を適用することができる。この場合、バンドパスフィルタBPF aは波長 $\lambda_b$ を反射させる特性、バンドパスフィルタBPF bは波長 $\lambda_a$ を反射させる特性となる。尚、この場合、バンドパスフィルタBPF a、BPF bからの反射光が伝送特性に悪影響を及ぼすのを阻止するため、光分岐器D 3の入力側に光アイソレータを配置することが好ましい。

【0027】更に、複数の光増幅器A 1～A nを含む光ファイバ伝送路を通過した波長多重光の各波長 $\lambda_a$ 、 $\lambda_b$ の光レベル差が既知の場合には、図2中の光分岐器D 3の分岐比を調整し、レベルの高い波長の光の出力ポートに対する損失を大きく、レベルの低い波長の光の出力ポートに対する損失を小さくする等の調整を図ることにより、各前置光増幅器B a、B bへの光入力レベルを均等にし、その動作範囲を限定するようにしてもよい。

【0028】尚、この実施例では、2波長 $\lambda_a$ 、 $\lambda_b$ の信号光から成る波長多重光信号を伝送する場合について述べたが、本発明は、2以上の波長成分の信号光から成る波長多重光を伝送する場合に適用することができるのである。即ち、光分波器D 2内の光分岐器D 3を、波長の数(N)に相当する波長多重光信号に分岐する構成にし、夫々の波長多重光信号から特定波長の信号光のみを通過させるN個のバンドパスフィルタを備えると共に、各バンドパスフィルタから出力される信号光をN個の前置光増幅器によって個々独立に光増幅するようにすればよい。

【0029】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、光ファイバ伝送路の減衰特性及びそれに設けられている光増幅器の利得が波長の異なる信号光毎に相違していても、光受信機の入力側に設けられる前置光増幅器によって利得調整を行うことにより、光受信機の動作に最適なレベル信号光を得ることができる。

【0030】従って、中継光増幅器の設計や、光ファイバ伝送路の中継増幅器間の損失(あるいは長さ)のばらつき等を考慮したシステム設計等の設計への制約が大幅に緩和され、光増幅器を使用した波長多重光伝送システムの発展に大きく寄与するものである。

【0031】更に、相互に近接した複数の波長の信号光を多重伝送した場合にも、フィルタによって各波長の信

号光に分波することができるので、このような伝送にも効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明による波長多重光伝送システムの一実施例の構成を示すシステム構成図である。

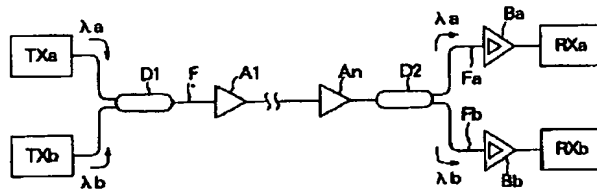
【図 2】 図 1 中の光分波器に構成を詳細に示すブロック図である。

【図 3】 従来の波長多重光伝送システムの構成を示すシステム構成図である。

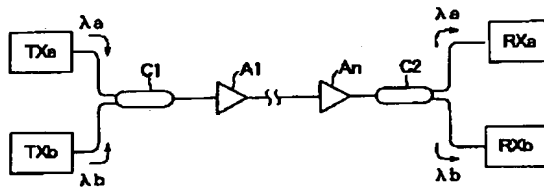
\*

10

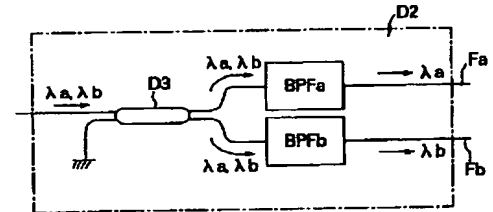
【図 1】



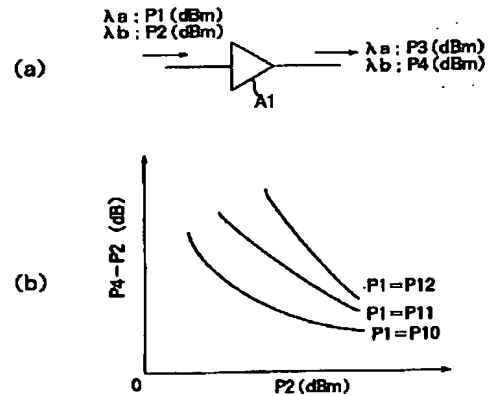
【図 3】



【図 2】



【図 4】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

H 0 4 B 10/18

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所